



## Nitratudvaskning fra skovrejsning i Drastrup-Frejlev-området

Gundersen, Per

*Publication date:*  
2016

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Document license:*  
[Ikke-specificeret](#)

*Citation for published version (APA):*  
Gundersen, P. (2016). *Nitratudvaskning fra skovrejsning i Drastrup-Frejlev-området*.



# Nitratudvaskning fra skovrejsning i Drastrup-Frejlev-området

Per Gundersen



August 2016

# Indholdsfortegnelse

<b>FORORD .....</b>	<b>3</b>
<b>BAGGRUND.....</b>	<b>4</b>
<b>METODER .....</b>	<b>5</b>
Undersøgelses-design .....	5
Prøveindsamling og prøvebehandling.....	6
<b>RESULTATER.....</b>	<b>8</b>
<b>DISKUSSION .....</b>	<b>12</b>
<b>LITTERATUR .....</b>	<b>14</b>

## Forord

Denne rapport er udarbejdet for og finansieret af VANDSAMARBEJDE AALBORG. Vi takker Aalborg Kommune, Naturstyrelsen Himmerland og private lodsejere for adgang til arealer i området omkring Drastrup og Frejlev. Civilingeniør Pernille Stampe Jakobsen fra VANDSAMARBEJDE AALBORG hjalp med ejeroplysninger. Følgende personer har været involveret i arbejdet med prøvetagning Addisu Tesfaye Tekle, Wenjuan Wu, Annika Slaatto, Malene Munk Jensen og Per Gundersen. Særlig tak til Addisu for at hamre jordspydet i bund utallige gange og for at forbehandle jordprøverne i laboratoriet. Nitratbestemmelsen er foretaget af laborant Xhevat Haliti. Faglig kommentering: Lars Vesterdal.

Per Gundersen, august 2016

## Baggrund

En del af drikkevandsforsyningen til Aalborg kommer fra kalkmagasiner under Drastrup-Frejlev-området. For at beskytte drikkevandsressourcen mod forurening er der efter 1994 plantet skov på tidligere landbrugsjord på en stor del af drikkevandsoplandet. Et andet mål har været at skabe rekreative områder.

For at følge kvaliteten af jordvandet efter endt landbrugsdrift og under den nye skov blev der i 1999 etableret to jordvandsstationer på et areal ved Nibevej og Drastrup Hedevej. I første omgang var formålet at undersøge to former for jordbehandling i forbindelse med tilplantningen, men efter en afbrydelse blev målingerne fortsat for at følge udviklingen i nitratkoncentrationen på længere sigt. På baggrund af modelberegninger for kvælstofbalancen i nye skove (Gundersen m.fl. 1999) var forventningen, at der efter en etableringsfase på 2-3 år med høje nitratkoncentrationer (50-100 mg/liter), skulle være en længere periode (10-15 år) med lave koncentrationer (nær nul) fordi træerne har et stort kvælstofbehov. Senere, efter 20-25 år, når træerne alene vokser i stammerne kunne nitratkoncentrationerne måske stige til 25 mg/l (Gundersen m.fl. 1999). Målinger fra Vestskoven ved København bekræftede dette forløb efter skovrejsning på landbrugsjord (Hansen m.fl. 2007).

Ved Drastrup Hedevej var der umiddelbart efter tilplantningen stor nitratudvaskning, men som forventet blev nitratkoncentrationen reduceret efter et par år. Imidlertid faldt nitratkoncentrationerne ikke til de forventede lave værdier. De observerede nitratkoncentrationer fra år 4 er forbavsende høje (over 25 mg/l) ofte endog over 50 mg/l fra begge typer jordbehandling. Spørgsmålet er om dette er specielt for dette areal. For eksempel viser en parallel undersøgelse af en tilsvarende skovrejsning ved Nørager på samme jordbund nitratkoncentrationer nær nul efter 4 år.

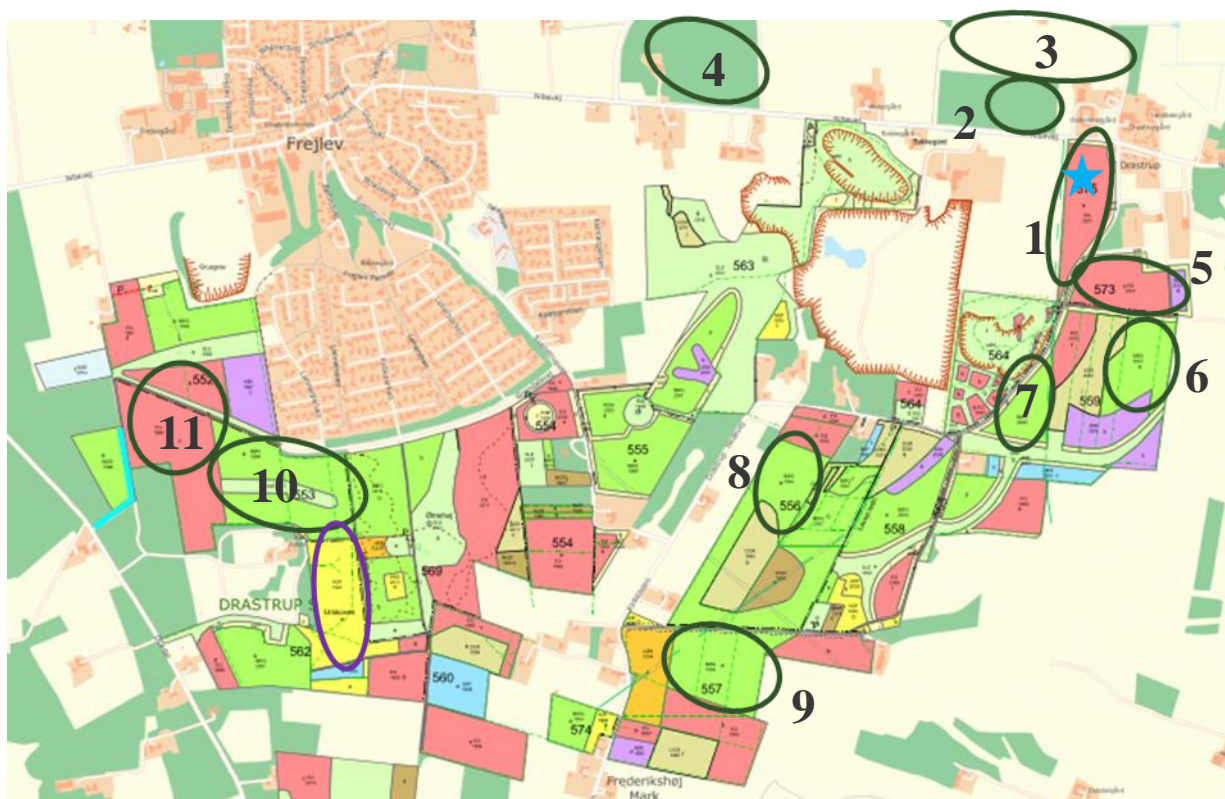
For at undersøge om jordvandsstationerne ved Drastrup Hedevej giver repræsentative resultater for nitrat fra skovrejsning i området og for at få et gennemsnit for nitratpåvirkningen fra skovrejsning over hele Drastrup-Frejlev-området skal dette projekt udføre en flade-baseret engangsmåling af nitratniveauet i 15 'markblokke' med den såkaldte N-min-metode (udtagning af jord fra 85-100 cm dybde til ekstraktion og efterfølgende nitratmåling). I de 15 markblokke er inkluderet en med landbrugsdrift, 3 med gammel skov (uopdyrkede) og 11 med skovrejsning.



# Metoder

## Undersøgelsens design

På baggrund af luftfoto og besigtigelse blev der udvalgt elleve bevoksninger (ti + bevoksningen med jordvandsmonitering) på tidligere landbrugsjord indenfor oplandet til vandindvindingsområdet (figur 1). Tilplantningen er sket mellem 1994 og 2001 (tabel 1). De valgte bevoksninger er domineret af eg (fem), bøg (fem) og lærk (en). Der findes kun lidt gammel skov i området, som kan fungere som reference for tilstanden i skov, der ikke er plantet på tidligere landbrugsjord. Vi har valgt at medtage et stykke tilgroningsskov (Urskoven) og to områder med bøgeskov beliggende ca. 0,5 km uden for det undersøgte område (udenfor figur 1), der begge havde et bunddække med anemoner (gammel-skovs indikator). Desuden blev der taget prøver fra en kornmark op mod en af de nye skove.



**Figur 1:** Placering af de valgte skovrejsningsbevoksninger (ellipser) på Naturstyrelsens bevoksningskort. Numre henviser til tabel 1. Farvekode er grøn for bøg og rødlig for eg. Den blå stjerne viser placeringen af jordvandsstationen. Tilgroningsskoven der indgår som gammel skov er vist med violet ellipse og gul farvekode.

**Tabel 1:** Data for de undersøgte bevoksninger (AaK = Aalborg Kommune; NST = Naturstyrelsen).

Bevoksning	Hovedtræart	Indblandingstræarter	Plantningsår	Ejer mm	Bemærkninger	Dato for prøve
1	Eg	Lærk, hassel, fuglekirsebær	2000	NST 595a	Moniteringsstation til jordvand	2/5-2016
2	Lærk	Andre arter i områder	2000	AaK	Alene prøver fra lærk	6/4-2016
3	Eg	Hassel	1999	AaK	Delvis mislykket, prøver fra områder med skovdække, kridt i lavere dele	6/4-2016
4	Eg	Hassel	1996	AaK		6/4-2016
5	Eg	Hassel	2001	NST 573a		2/5-2016
6	Bøg		2001	NST 559e	Kridt inden for 1m i en del af bevoksningen	2/5-2016
7	Bøg	Rødel	2000	NST 559d	Rødel ammetræer delvist fældet	2/5-2016
8	Bøg	Rødel	1994	NST 556a	Rødel ammetræer fældet	2/5-2016
9	Bøg		1994	NST 557a		3/5-2016
10	Bøg		1994	NST 553a		3/5-2016
11	Eg		1996	NST 553c, 552d		3/5-2016
Gl. skov 1	Asp	Mange arter	(1942)	NST 562a	Tilgroningsskov, bakket	3/5-2016
Gl. skov 2	Eg, bøg	Ær, Ask		privat	Anemoner, indikator for gl. skov	3/5-2016
Gl. skov 3	Bøg			privat	Anemoner, indikator for gl. skov, ikke langt til rand mod åbent land	3/5-2016
Kornmark	-		-	privat		2/5-2016

## Prøveindsamling og prøvebehandling

I det indre af hver bevoksning blev der udlagt tre felter for at repræsentere den mulige variation indenfor bevoksningen. I bevoksning nr. 1 med jordvandstationen er hovedparten plantet efter reolpløjning, mens en lille del er plantet efter almindelig landbrugspløjning. Der er et måleområde i hver af de to behandlinger. I denne bevoksning blev tre felter udlagt hen gennem den reolpløjede

del med et felt placeret ved siden af måleområdet for jordvandsstationen. Et ekstra fjerde felt blev placeret op mod måleområdet for den landbrugspløjede del.

For hvert felt blev der udtaget fem delprøver (stik); en som midtpunkt og fire 10 m derfra imod nord, syd, øst og vest. De fem prøver blev slået sammen til én prøve pr felt, som dermed antages at repræsentere et areal på ca. 350 m<sup>2</sup>. Delprøverne blev udtaget med et halvåbent 3 cm jordbor, der blev hamret ned til 100 cm, hvorefter indholdet af jordprofilet fra 85-100 cm blev opsamlet i en plastpose pr felt. For jordprofiler med kalk i bundlaget blev jorden umiddelbart over kalken udtaget uanset dybden (enkelte stik fra 3 felter, se tabel 1). Jordprøverne blev straks lagt på køl og opbevaret ved <4°C indtil de blev behandlet i laboratoriet inden for maksimum 48 timer.

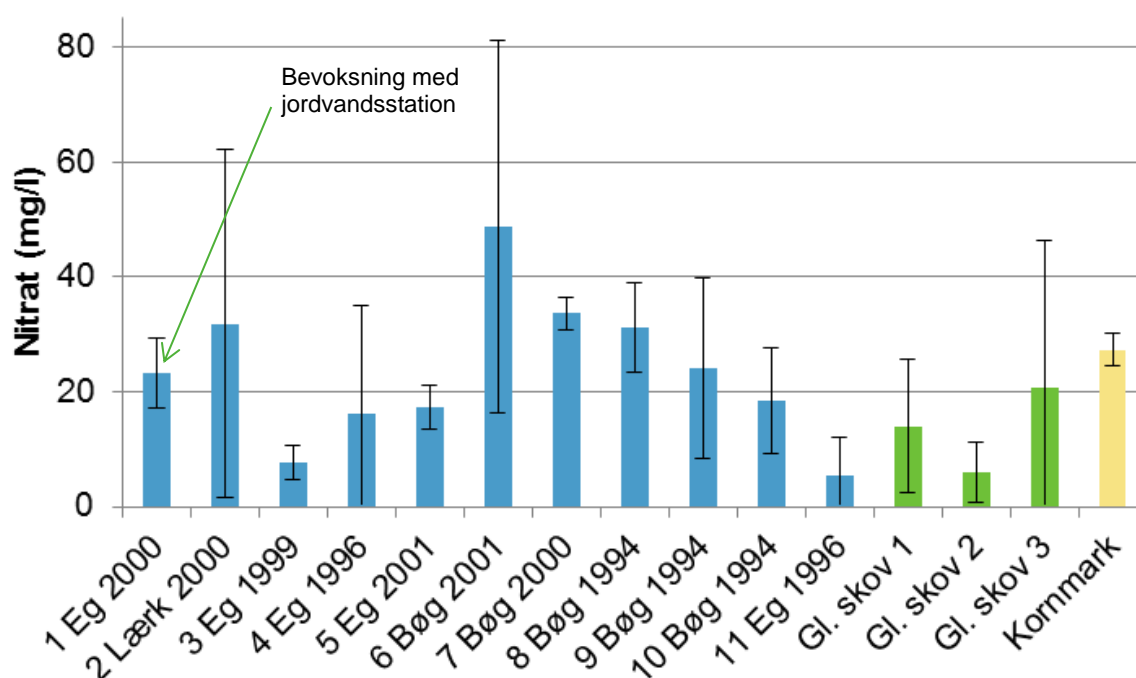
Hver prøve blev blandet grundigt og sigtet (<2 mm). Af den friske jord blev afvejet 20 g til vandbestemmelse efter tørring ved 105°C og 20 g til ekstraktion. Prøven til ekstraktion blev opbevaret frosset (-18°C) i 50 ml plastrør indtil ekstraktion. For at ekstrahere nitrat blev der tilsat 20 ml 0,1 M KCl til den frosne prøve, hvorefter de blev rystet en time, centrifugeret og filtreret gennem et Cellotron filter. Filtratet blev straks herefter analyseret for nitrat ved Flow Injection Analysis (FIA). Den målte nitratkoncentration i filtratet blev korrigeret for fortynding fra den tilførte opløsning, således at de præsenterede nitratværdier er koncentrationer i jordvand (mg/l). I statistiske analyser af forskelle mellem arealanvendelser, træarter m.m. er 'felt' anvendt som den grundlæggende statistiske enhed frem for 'bevoksning'. Dvs. at de valgte cirkel-felter antages at være uafhængige indenfor 'bevoksning'. Dette kan begrundes med at afstanden mellem felter var 50-100 m og at der forekom ganske stor variation i jordbund såvel som nitratkoncentration mellem felter indenfor en bevoksning. Fejllinjer i figurer og værdier efter ± i tekst angiver spredningen omkring middelværdien.



## Resultater

Jordspydet blev i alt hamret ned 230 gange, og de mange jordprofiler gav et indblik i den betydelige variation i jordbundsforholdene, der findes indenfor området. Jorden er hovedsageligt sandet, men med varierende tekstur og humusindhold og lokalt med mere lerholdige lag under det gamle pløjelag. Der var ofte en ligeså betydelig variation indenfor det enkelte felt som indenfor en bevoksning. Kun i ganske få stik forekom det undeliggende kridt i jordprofilet (tabel 1)

Nitratkoncentrationen under skovrejsningsbevoksninger i Drastrup-Frejlev varierede fra 5,3 til 48,7 mg/l (figur 2). Den reolpløjede del af bevoksningen med jordvandsstationen (1 Eg 2000) med 23,2 mg/l er repræsentativ for skovrejsning, idet gennemsnittet for de øvrige ti var  $23,4 \pm 13$  mg/l.

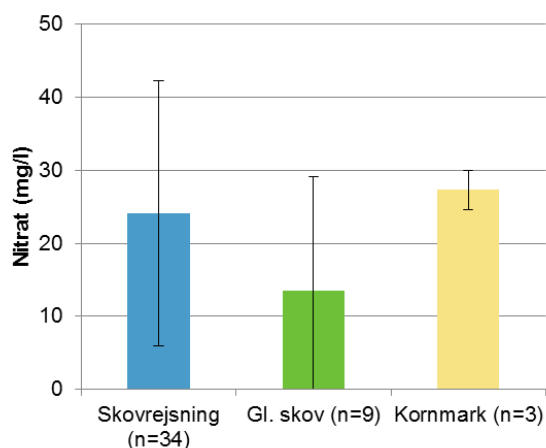


**Figur 2:** Nitratkoncentration i jordvand i ca. 90 cm dybde i april 2016 under skovrejsning (blå), gammel skov (grøn) og en kornmark (gul). Linjerne viser spredningen mellem tre felter per bevoksning. Nummereringen af skovrejsningsbevoksningerne henviser til kortet i figur 1.

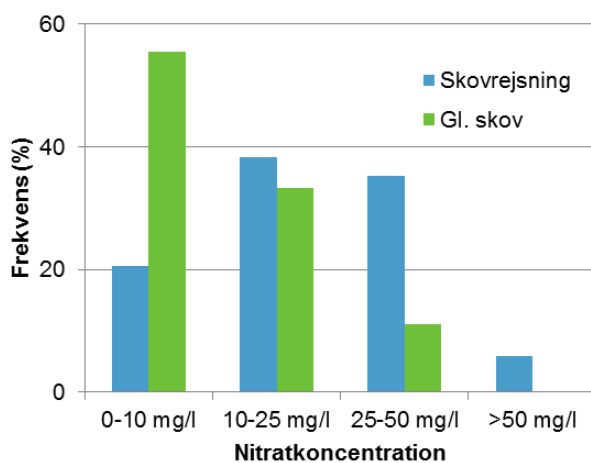
De gamle skove havde som forventet lavere nitratkoncentrationer end de nye skove (figur 2 og 3) selv om der er en betydelig spredning i begge kategorier. Under de gamle skove var koncentrationen ( $14 \pm 16$  mg/l) godt halvt så stor som under skovrejsning (figur 3) men forskellen er kun marginalt statistisk signifikant ( $p=0,1$ ) på grund af den store variation indenfor begge kategorier. I

gammel skov var lidt over halvdelen af værdierne mindre end 10 mg/l, mens dette kun var tilfældet for 20% af værdierne under skovrejsning (figur 4).

Nitratkoncentrationen under skovrejsning var overaskende sammenfaldende med den samtidige måling fra en kornmark. Den parallelle sammenligning mellem landbrugsjorden (kornmark) og den skovrejsning der stødte direkte op til, viste da heller ingen forskel med henholdsvis  $23 \pm 6$  mg/l ( $n=3$ ) og  $27 \pm 3$  mg/l ( $n=3$ ).

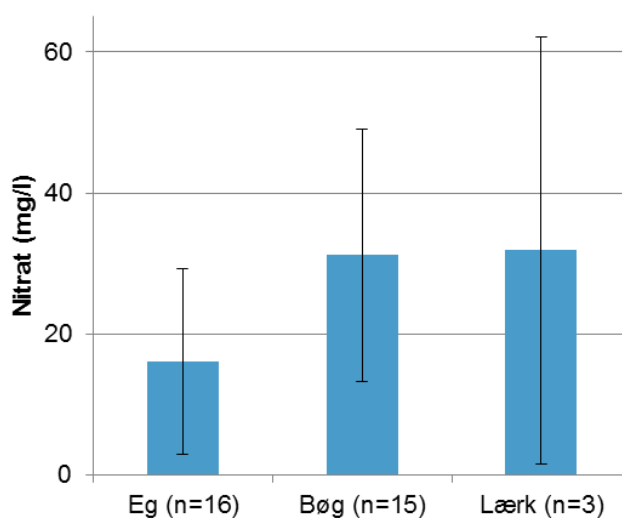


**Figur 3:** Nitratkoncentration i jordvand i forhold til arealanvendelse. Bemærk at for kategorien skovrejsning er der 11 bevoksninger med 3 felter plus yderligere et felt ved jordvandsstationen for at dække den landbrugspløjede del, således at  $n=34$ . For gammel skov er der 3 bevoksninger med 3 felter ( $n=9$ ), mens der kun er en kornmark med 3 felter.



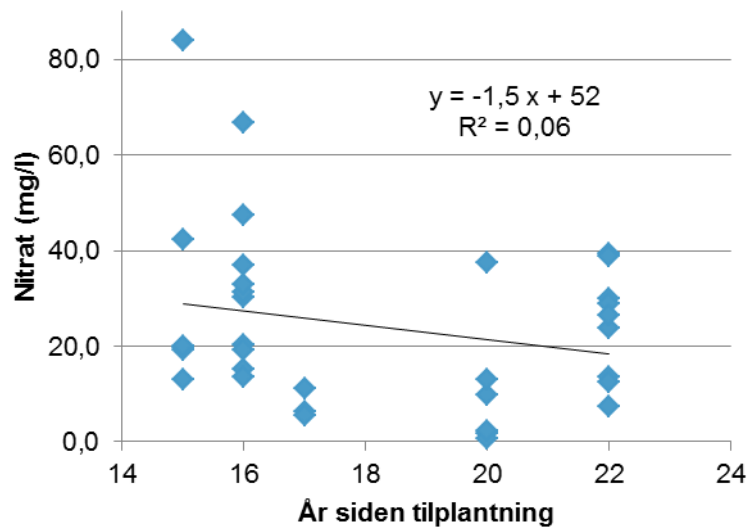
**Figur 4:** Frekvensfordeling for nitratkoncentration i jordvand for skovrejsning ( $n=34$ ) og gammel skov ( $n=9$ ).

Hovedtræarterne i de undersøgte skovrejsninger var bøg og eg (tabel 1), der også er de dominerende træarter i hele området (figur 1). Derudover var der inkluderet en bevoksning med lærk. Målingerne viser en signifikant forskel mellem eg og bøg ( $p < 0.05$ );  $16 \pm 13$  mg/l ( $n=16$ ) for eg og  $31 \pm 18$  mg/l ( $n=15$ ) for bøg (figur 5). Lærk havde samme koncentration som bøg, men der var stor variation inden for denne ene bevoksning med lærk.



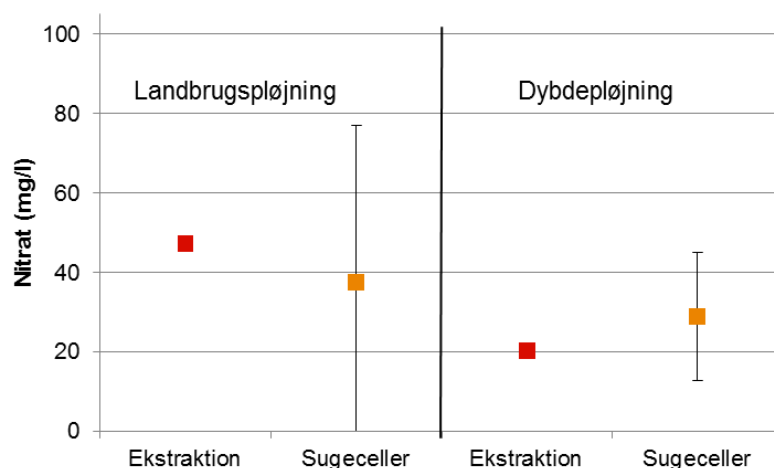
**Figur 5:** Nitratkoncentration i jordvand i forhold til hovedtræart i skovrejsningen.

Selv om skovrejsningen ved Drastrup og Frejlev skete indenfor en forholdsvis kort periode, er der en aldersforskel på op til syv år indenfor de undersøgte bevoksninger (tabel 1). Nitratkoncentrationen synes umiddelbart at falde med alder siden tilplantning (figur 6), men det er ikke en statistisk sikker tendens ( $p=0,2$ ).



**Figur 6:** Sammenhæng mellem nitratkoncentration i jordvand og antal år efter skovrejsning.

Prøvetagning til ekstraktion umiddelbart ved siden af de permanente målestationer med sugeceller giver mulighed for at sammenligne resultaterne fra de to metoder (figur 7). Målestationerne består af tre gentagelser (å fire sammenkoblede sugeceller) installeret i tre retninger 12 m fra opsamlingsenheden. Tilsammen dækker de tre gentagelser fra målestationen således et areal, der nogenlunde svarer til arealet for prøvetagning til ekstraktion, der som nævnt under 'metoder' består af én samleprøve af 5 stik fra en cirkel med 10 m radius. Ved ekstraktion måler vi nitratkoncentrationen i jordvand på dagen for prøvetagningen, mens sugecellerne løbende opsamler jordvand over en måned. For begge målestationer (jordbehandlinger) er der god overensstemmelse mellem gennemsnittet for nitrat i jordvand og værdien fundet ved ekstraktion (figur 7), selvom de repræsenterer forskellig tidshorisont og ikke stammer fra eksakt samme område.



**Figur 7:** Sammenligning af nitratmåling ved ekstraktion og med sugeceller i området med jordvandsstationen i Drastrup. Resultater fra jordekstraktioner med prøvetagning 2. maj 2016 (røde symboler, én samleprøve) er sammenlignet med sugecelledata (orange symboler med spredning,  $n=3$ ) fra den opsamlingsperiode, der omfatter datoen for jordprøvetagning.

## Diskussion

Engangsmålingen her i foråret 2016 viser, at arealet ved Drastrup Hedevej (hovedarealet med reolpløjning) har nitratkoncentrationer, der er repræsentative for området i øvrigt, idet dette areal havde samme værdi som gennemsnittet fra alle de øvrige skovrejsningsarealer (23 mg/l). De parallelle målinger fra jordvandsstationerne og fra ekstraherede jordprøver viser ligeledes rimelig god overensstemmelse (figur 7).

Det fladebaserede gennemsnit for nitrat er således 23 mg/l og muligvis faldende med bevoksningernes alder (figur 6), hvilket antyder at den langsigtede målsætning om mindre end 25 mg/l alligevel vil kunne overholdes selvom jordvandsmålingerne ved Drastrup Hedevej i perioder overstiger 50 mg/l.

Gammel skov i området havde som forventet lavere nitratkoncentration end skovrejsning (figur 3 og 4), men koncentrationerne er dog forholdsvis høje ( $14 \pm 16$  mg/l). Medianværdien for nitrat i jordvand under danske skove er tidligere målt til 7 mg/l (Callesen m.fl. 1999). De gamle skove, der er undersøgt ved Drastrup-Frejlev var små og vindeksponerede med forholdsvis korte afstande skovbryn ud mod intensivt dyrket landbrugsland. De kan derfor modtage forholdsvis høj kvælstofdeposition (skovkant-effekt), hvilket kan øge nitratkoncentrationen.

Den undersøgte kornmark var ikke forskellig fra skovrejsning, men dette kan skyldes, at den forudgående udvaskningssæson (efterår 2015 og vinter 2015/16) havde meget høj nedbør og dermed stor udvaskning, mens foråret var lidt mere tørt. Dvs. der måske ikke har været tilstrækkelig nedbør, der har kunnet vaske tilført forårsgødning ned i jorden til 90 cm dybde inden måletidspunktet. Nitratkoncentrationen varierer betydeligt hen over året under landbrugsjord på grund af gødningstildeling og vegetationsfrie perioder, mens variationen under skov er lille (Bastrup-Birk og Gundersen, 2004). Derfor kan sammenligningen af koncentrationen mellem landbrug og skovrejsning på en enkelt dag ikke anvendes til at drage væsentlige konklusioner.

I denne undersøgelse har vi inkluderet eg og bøg samt en enkelt bevoksning med det løvfældende nåletræ lærk. Eg og bøg er de mest udbredte træarter i området og i øvrigt de mest anvendte træer ved tilplantning på landbrugsjord. Nitratkoncentrationerne under bøg viste sig at være omtrent dobbelt så høje som under eg (figur 5). Andre undersøgelser med sammenligninger af løvtræer på tidligere landbrugsjord viser ligeledes, at bøg har højere nitratkoncentrationer i jordvandet end eg (Gurmesa m.fl. 2013), mens ask og især ær har de laveste nitratkoncentrationer (Christiansen m.fl. 2010). Nåletræarterne filtrerer luften mere effektivt end de løvfældende arter, hvorved kvælstoftilførslen fra luftforurening er højest for nåletræarterne og på grund af den højere fordampning er der ofte væsentligt højere nitratkoncentrationer under nåletræarterne (Gurmesa m.fl. 2013; Christiansen m.fl. 2010). Men lærk, der er løvfældende, har samme nitratniveau som eg og bøg ved Drastrup såvel som i undersøgelser fra Vestskoven og Stenholtsvang (Gundersen m.fl. 2009a). I to bevoksninger med bøg var rødæl anvendt som ammetræ. Rødæl er kvælstoffikserende og kan derfor tilføre jorden yderligere kvælstof, men der var ikke tydeligt forhøjede nitratkoncentrationer under netop de to bevoksninger med rødæl.

Selv om den anvendte metode blot er en engangsmåling, viser tidligere studier, at sæsonvariationer i nitratkoncentrationen under skov er små eller stort set fraværende (Callesen m.fl., 1999; Gundersen m.fl. 2009), og at koncentrationen om foråret er repræsentativ for det vand, der udvaskes til grundvandet. Med en gennemsnitskoncentration på 23 mg/l i Drastrup-Frejlev-området og en grundvandsdannelse på 175 mm (650 mm nedbør – 475 mm fordampning) kan N-udvaskningen fra skovrejsnings arealerne anslås til ca. 9 kg N/ha/år.

# Litteratur

- Bastrup-Birk, A. and Gundersen, P., 2004. Water quality improvements from afforestation in an agricultural catchment in Denmark illustrated with the INCA model. *Hydrology and Earth System Science* 8: 764-777.
- Christiansen, J. R., Vesterdal, L., Callesen, I., Elberling, B., Schmidt, I.K., and Gundersen, P. 2010. Nitrogen and water budgets in six tree species. *Global Change Biology* 16: 2224–2240.
- Gundersen, P., Pedersen, L.L., Rasmussen, M., Hansen, K. and Vesterdal, L., 2009a. Are water and element cycles in larch (*Larix* sp.) intermediate between those in coniferous and deciduous tree species? In Finér, L., Laurén, A. and Lier, M. (eds.) *Adapting forest management to maintain the environmental services: carbon sequestration, biodiversity and water*. Conference at Koli National Park, Finland in 21.–24.9.2009. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 133, p. 63-64.
- Gundersen, P., Sevel, L., Christiansen, J.R., Hansen, K., Vesterdal, L., Bastrup-Birk, A., 2009b. Do indicators of nitrogen retention and leaching differ between coniferous and deciduous forests in Denmark? *Forest Ecology and Management* 258: 1137–1146.
- Gundersen, P., Matthesen, P., Buttenschøn, R., M., Jensen, S., F., Riis-Nielsen, T., Callesen, I., Vesterdal, L., Ramhøj, G. (1999): *Drastrup projektet. Skovrejsning og vedvarende græsarealer*. Aalborg Kommune & Forskningscentret for skov og landskab. Miljø - og Energiministeriet.
- Gurmesa, G.A., Schmidt, I.K., Gundersen, P. Vesterdal, L., 2013. Soil carbon accumulation and nitrogen retention traits of four tree species grown in common gardens. *Forest Ecology and Management* 309: 47-57.
- Hansen, K., Rosenqvist, L., Vesterdal, L. and Gundersen P. 2007. Nitrate leaching from three afforestation chronosequences on former arable land in Denmark. *Global Change Biology* 13: 1250-1264.